

MODEL *GOAL PROGRAMMING* DAN PENGOPTIMUMAN TAKLINEAR PADA PENJADWALAN PERAWAT

L. HAKIM¹, T. BAKHTIAR², JAHARUDDIN³

Abstrak

Penjadwalan perawat merupakan pekerjaan penting dalam operasional sebuah rumah sakit. Jika manajemen rumah sakit melakukan penjadwalan dengan baik maka akan berdampak pada kinerja perawat yang semakin baik. Salah satu indikator penjadwalan yang baik adalah tercapainya distribusi beban kerja yang merata bagi seluruh perawat. Namun demikian, adanya keterbatasan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan rumah sakit menjadi kendala tersendiri dalam upaya mencapai keadilan. Dalam hal ini, *goal programming* dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi kendala tersebut. Dalam penelitian ini, *nonpreemptive goal programming* digunakan untuk memecahkan masalah penjadwalan perawat. Tujuan model ini adalah untuk meminimumkan beberapa simpangan preferensi perawat terhadap banyaknya *shift* kerja dan libur. Kami juga memberikan alternatif penyelesaian penjadwalan perawat menggunakan model optimasi taklinear dengan meminimumkan ragam beban kerja pada setiap *shift* kerja dan libur. Model ini diaplikasikan pada penjadwalan perawat ruang rawat inap Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bogor.

Kata kunci: *nonpreemptive goal programming*, penjadwalan perawat

1. PENDAHULUAN

Masalah penjadwalan merupakan aspek yang sangat penting dalam operasional sebuah institusi seperti sekolah atau institusi pendidikan secara umum, pabrik, perusahaan, rumah sakit, *service center*, pusat kesehatan, transportasi, industri, dan masih banyak lagi. Dalam bidang matematika, masalah penjadwalan dapat diselesaikan dengan menggunakan metode riset operasi. Penggunaan metode riset operasi dalam masalah penjadwalan telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang.

¹Mahasiswa S2, Program Studi Matematika Terapan, Sekolah Pascasarjana IPB. E-mail: lhakimabuizyan@gmail.com.

²Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jalan Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680. E-mail: tonibakhtiar@gmail.com.

³Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jalan Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680. E-mail: jaharmath@gmail.com.

Dalam bidang transportasi, Chen dan Niu [4] telah mengaplikasikan pada penjadwalan kru bus kota dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* (ILP). Tang *et al.* [9] mengaplikasikan *Linear Programming* (LP) dalam bidang industri, yakni melakukan penjadwalkan pembuatan dan pencetakan baja. Meskipun model awal yang dibangun merupakan masalah nonlinear, namun dilakukan pelinearan sehingga model tersebut menjadi masalah LP. Dalam bidang kesehatan, Falasca *et al.* [5] melakukan optimalisasi terhadap manajemen relawan kemanusiaan dengan menggunakan metode *multiobjective optimization*.

Dalam bidang kesehatan, masalah penjadwalan telah banyak diaplikasikan pada rumah sakit. Hal ini dikarenakan rumah sakit merupakan unit pelayanan kesehatan yang dibutuhkan dalam waktu 24 jam setiap harinya. Salah satu penelitian yang telah dilakukan pada sebuah rumah sakit adalah penjadwalan operasi di *Operating Room (OR)* oleh Belien dan Demeulemeester [2] dengan menggunakan metode *integer programming*. Selain penjadwalan operasi, di rumah sakit juga banyak dikaji penjadwalan perawat. Hal ini dikarenakan perawat merupakan salah satu unsur yang penting dalam pelayanan kesehatan. Namun keterbatasan jumlah perawat menjadi kendala yang harus dibenahi agar pelayanan yang diberikan oleh pihak rumah sakit dapat optimal. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah melakukan penjadwalan dengan baik, artinya perlu ada penjadwalan yang mampu memenuhi kebutuhan rumah sakit dalam pelayanan kesehatan tersebut dengan mempertimbangkan keterbatasan jumlah perawat yang ada. Hal ini penting untuk dilakukan karena menyelesaikan penjadwalan perawat memiliki dampak yang besar pada kinerja perawat dalam memberikan pelayanan kesehatan.

Beberapa penelitian tentang penjadwalan perawat adalah penjadwalan di rumah sakit Hôtel-Dieu di Montreal yang dilakukan oleh Berada *et al.* [3]. Metode yang digunakan dalam melakukan penjadwalan adalah metode *multiobjective*, yakni *equivalent weights method* dan *sequential method*. Valouxis dan Housos [9] menggunakan *hybrid optimization method* untuk menyelesaikan masalah penjadwalan perawat. Millar dan Karagu [8] melakukan penjadwalan perawat dengan menggunakan metode *linear programming* baik secara siklis maupun non-siklis dengan membagi *shift* kerja menjadi dua, masing-masing 12 jam, yakni *shift* siang dan *shift* malam. Trilling *et al.* [10] melakukan pengkajian terhadap penjadwalan perawat anestesi di rumah sakit umum Perancis. Dalam upaya menghasilkan penjadwalan yang adil (merata), digunakan metode ILP dan *Constraints Programming* (CP) sebagai perbandingan. Jenal *et al.* [6] juga menggunakan *goal programming* untuk menyelesaikan masalah penjadwalan perawat secara siklis.

Dalam penelitian ini, akan dikaji masalah penjadwalan perawat di sebuah rumah sakit. Hal ini dikarenakan rumah sakit tersebut melakukan penjadwalan secara manual. Penjadwalan perawat secara manual merupakan hal yang sulit karena disamping harus memperhatikan keterbatasan jumlah perawat, juga harus memperhatikan pemerataan jadwal yang diberikan kepada perawat dan kebutuhan rumah sakit akan tenaga perawat tersebut. Di samping itu penjadwalan secara

manual juga membutuhkan waktu yang banyak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan jadwal perawat di sebuah rumah sakit dengan berbagai aturan dan kendala yang ada. Dalam melakukan penjadwalan perawat tersebut digunakan metode *nonpreemptive goal programming* dan pemrograman taklinear untuk menyelesaikannya. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi solusi yang berguna bagi rumah sakit terkait.

2. MODEL MATEMATIKA

Model 1

Dalam memodelkan penjadwalan perawat, penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Azaiez dan Al Sharif [2] pada penjadwalan perawat di rumah sakit Riyadh Al-Kharj, Arab Saudi. Penjadwalan perawat tersebut menggunakan 0-1 *goal programming*. Formulasi matematik dalam penjadwalan perawat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Himpunan

- R = himpunan perawat, $R = \{1, 2, \dots, m\}$, dengan m adalah banyaknya perawat,
 D = himpunan hari, $D = \{1, 2, \dots, n\}$, dengan n adalah banyaknya hari,
 L = himpunan hari Minggu,
 $R \supset T$ = himpunan ketua tim.

Indeks dan Parameter

- $i \in R$,
 $j \in D$,
 b_p, b_s, b_m : banyaknya perawat yang dibutuhkan pada *shift* pagi, siang, dan malam berturut-turut,
 α : banyaknya *shift* malam maksimal yang berurutan,
 β : banyaknya hari penugasan perawat maksimal yang berurutan,
 $\gamma, \delta, \varepsilon, \theta$: banyaknya hari libur, *shift* pagi, siang, dan malam, berturut-turut dalam satu periode penjadwalan.

Variabel keputusan

- $P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ ditugaskan pada shift pagi di hari ke-}j \\ 0, & \text{selainnya,} \end{cases}$
 $S_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ ditugaskan pada shift siang di hari ke-}j \\ 0, & \text{selainnya,} \end{cases}$
 $M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ ditugaskan pada shift malam di hari ke-}j \\ 0, & \text{selainnya,} \end{cases}$

$$H_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ libur di hari ke-}j \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

Kendala

Hard Constraints

1. Kebutuhan perawat pada *shift* pagi, siang, dan malam terpenuhi setiap hari:

$$\sum_{i \in R} P_{ij} \geq b_p, \sum_{i \in R} S_{ij} \geq b_s, \text{ dan } \sum_{i \in R} M_{ij} \geq b_m, \forall j \in D.$$
2. Dalam satu hari, perawat hanya mendapat *shift* pagi, siang, malam atau libur:

$$P_{ij} + S_{ij} + M_{ij} + H_{ij} = 1, \forall i \in R, \forall j \in D.$$
3. Perawat yang bertugas di *shift* malam, tidak bekerja di *shift* pagi pada hari berikutnya:

$$M_{ij} + P_{i(j+1)} \leq 1, \forall i \in R, \forall j \in D.$$
4. Perawat tidak ditugaskan pada *shift* malam lebih dari α hari berturut-turut:

$$M_{ij} + M_{i(j+1)} + \dots + M_{i(j+\alpha-1)} \leq \alpha, \forall i \in R, i \notin T, \forall j = 1, 2, \dots, n - \alpha + 1.$$
5. Perawat bertugas maksimal β hari berturut-turut:

$$H_{ij} + H_{i(j+1)} + \dots + H_{i(j+\beta)} \geq 1, \forall i \in R, i \notin T, \forall j = 1, 2, \dots, n - \beta.$$
6. Perawat yang mendapatkan *shift* malam selama tiga hari berturut-turut berhak mendapatkan libur selama dua hari berturut-turut atau mendapatkan satu hari libur setelah mendapatkan dua *shift* malam secara berurutan:

$$M_{ij} + M_{i(j+1)} + M_{i(j+2)} - (H_{i(j+1)} + H_{i(j+2)} + H_{i(j+3)} + H_{i(j+4)}) \leq 1, \forall i \in R, i \notin T, \forall j = 1, 2, \dots, n - 4,$$

$$M_{ij} + M_{i(j+1)} + S_{i(j+2)} \leq 2, \forall i \in R, i \notin T, \forall j = 1, 2, \dots, n - 2.$$
7. Ketua tim selalu mendapatkan *shift* pagi dan libur di hari Minggu:

$$\sum_{j \in D} P_{ij} = n - \gamma \text{ dan } \sum_{j \in L} H_{ij} = \gamma, \forall i \in T.$$
8. Kendala batas variabel keputusan

$$P_{ij}, S_{ij}, M_{ij}, H_{ij} \in \{0, 1\}.$$

Soft Constraints

Pada kendala ini didefinisikan sejumlah variabel deviasi d_{ki}^- dan d_{ki}^+ yang mengukur kekurangan/kelebihan dari level *shift* dan libur dari level idealnya.

1. Perawat mendapatkan libur sekitar γ hari, *shift* pagi sekitar δ kali, *shift* siang sekitar ε kali, *shift* malam sekitar θ kali selama 1 periode.:

$$\sum_{j \in D} (H_{ij} + d_{1i}^- - d_{1i}^+) = \gamma, \quad \sum_{j \in D} (P_{ij} + d_{2i}^- - d_{2i}^+) = \delta,$$

$$\sum_{j \in D} (S_{ij} + d_{3i}^- - d_{3i}^+) = \varepsilon, \quad \text{dan} \quad \sum_{j \in D} (M_{ij} + d_{4i}^- - d_{4i}^+) = \theta, \forall i \in R, i \notin T.$$

2. Kendala variabel simpangan
 $d_{ki}^+, d_{ki}^- \in \mathbb{Z}^+, k = 1, 2, 3, 4.$

Fungsi Objektif

Fungsi objektif Z dari penjadwalan perawat rumah sakit adalah meminimumkan jumlah simpangan hari libur dan jumlah simpangan penugasan pada *shift* malam.

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i \in R} (d_{1i}^- + d_{2i}^- + d_{3i}^+ + d_{4i}^+).$$

Model 2

Kendala pada Model 2 adalah seluruh kendala yang ada pada Model 1 dan kendala khusus yang diberlakukan oleh beberapa rumah sakit. Fungsi objektif yang dioptimalkan juga sama dengan fungsi objektif pada Model 1. Di bawah ini merupakan tambahan himpunan, parameter, variabel keputusan, dan kendala khusus pada Model 2.

Himpunan, parameter, dan variabel keputusan tambahan

K = himpunan hari lembur,

b_l = jumlah perawat yang dibutuhkan pada *shift* lembur,

$$LP_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ lembur pada shift pagi di hari ke-} j \\ 0, & \text{selainnya,} \end{cases}$$

$$LS_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \text{ lembur pada shift siang di hari ke-} j \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

Kendala

1. Di hari tertentu hanya mendapatkan satu kali lembur, saat libur ataupun saat mendapatkan shift malam tidak mendapatkan lembur:

$$LP_{ij} + LS_{ij} + M_{ij} + H_{ij} \leq 1, \forall i \in R, i \notin T, \forall j \in K.$$

2. Di hari tertentu, di tiap shift hanya terdapat tugas atau lembur:

$$P_{ij} + LP_{ij} \leq 1, \forall i \in R, i \notin T, \text{ dan } S_{ij} + LS_{ij} \leq 1, \forall i \in R, i \notin T, \forall j \in K.$$

3. Lembur pagi ataupun siang harus memenuhi jumlah tertentu:

$$\sum_{i \in R, i \notin T} LP_{ij} = b_l \text{ dan } \sum_{i \in R, i \notin T} LS_{ij} = b_l, \forall j \in K.$$

4. Perawat yang mendapatkan shift malam tidak mendapatkan lembur pagi:

$$M_{i(j-1)} + LP_{ij} \leq 1, \forall i \in R, i \notin T, \forall j \in K.$$

5. Setiap perawat yang mendapatkan lembur, memenuhi batas tertentu:

$$\tau \leq \sum_{j \in K} (LP_{ij} + LS_{ij}) \leq \varphi, \forall i \in R, i \notin T.$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Model

Penjadwalan yang dibuat adalah penjadwalan perawat ruang rawat inap di RSUD Kota Bogor dengan total perawat 78 orang ($m = 78$), termasuk ketua tim, dan dibuat untuk 1 bulan ($n = 28$ hari). Ruang rawat inap tersebut adalah Flamboyan, Dahlia, Vanda, dan Pafio. Berikut adalah ketersediaan perawat dan ketua tim pada setiap ruang.

TABEL 1
Alokasi ketua tim perawat di ruang rawat inap

Ruang rawat inap	Flamboyan	Dahlia	Vanda	Pafio
Jumlah perawat	26	23	15	13
Jumlah ketua tim	2	3	2	1

Berikut adalah aturan RSUD Kota Bogor yang digunakan sebagai kendala dalam model ini, yaitu:

1. terdapat 3 *shift* kerja, yaitu *shift* pagi (pukul 07.00 – 14.15), *shift* siang (pukul 14.00 – 21.15), dan *shift* malam (pukul 21.00 – 07.15),
2. setiap perawat mendapatkan total *shift* sebanyak 22 – 24 kali selama satu periode penjadwalan (28 hari),
3. setiap perawat tidak mendapatkan *shift* malam lebih dari 3 kali berturut-turut ($\alpha = 3$),
4. setiap perawat yang telah mendapatkan *shift* malam tidak akan mendapatkan *shift* pagi pada hari berikutnya,
5. perawat berhak mendapatkan 1 hari libur setelah 2 hari berturut-turut bertugas di *shift* malam, dan berhak mendapatkan 2 hari libur setelah 3 hari berturut-turut bertugas di *shift* malam,
6. setiap perawat bertugas maksimal 6 hari berturut-turut ($\beta = 6$),

7. ketua tim selalu ditugaskan pada *shift* pagi dan mendapatkan libur di hari Minggu,
8. setiap perawat mendapatkan libur sekitar 6 kali setiap bulan ($\gamma = 6$),
9. setiap perawat mendapatkan *shift* pagi sekitar 6 kali setiap bulan ($\delta = 6$),
10. setiap perawat mendapatkan *shift* siang sekitar 8 kali setiap bulan ($\varepsilon = 8$),
11. setiap perawat mendapatkan *shift* malam sekitar 8 kali setiap bulan ($\theta = 8$).

Di rumah sakit ini terdapat beberapa aturan khusus yang diberlakukan kepada perawat ruang rawat inap Pafio karena selain ditugaskan di ruang rawat inap, tim perawat (selain ketua tim) diperbantukan di Ruang Poli. Penugasan perawat di Ruang Poli dijadwalkan sesuai dengan permintaan pihak poliklinik. Diasumsikan bahwa permintaan dijadwalkan pada hari Jumat dan Sabtu (hari ke-6 dan ke-7). Pada kedua hari tersebut, diasumsikan jumlah perawat yang ditugaskan lembur di Ruang Poli adalah masing-masing 4 perawat ($b_l = 4$) pada *shift* pagi dan siang. Berikut beberapa aturan khusus yang diberlakukan pada ruang Pafio.

1. Perawat ruang rawat inap tertentu diperbantukan di Ruang Poli sesuai dengan permintaan.
2. Perawat yang ditugaskan di Ruang Poli, terhitung bertugas di *shift* lembur.
3. Lembur dilakukan pada *shift* pagi dan *shift* siang (bukan *shift* malam ataupun hari libur).
4. Setiap perawat mendapatkan 4 – 6 *shift* lembur dalam sebulan ($\tau = 4$ dan $\varphi = 6$).

Kedua model tersebut diselesaikan dengan menggunakan bantuan *software* LINGO 11.0.

Hasil

Solusi optimal yang diperoleh pada model adalah solusi optimal dan lebih baik jika dibandingkan dengan penjadwalan yang dilakukan secara manual. Berikut merupakan perbandingan nilai z yang diperoleh oleh model dengan nilai z berdasarkan penjadwalan secara manual:

TABEL 2
Perbandingan nilai z yang diperoleh model dengan nilai z berdasarkan penjadwalan secara manual

Ruang		Flamboyon	Dahlia	Vanda	Pafio
Nilai z	Model	6	38	32	0
	Manual	29	42	41	20

Berikut merupakan tabel persentase pemenuhan kendala pada penjadwalan perawat berdasarkan model dan secara manual di ruang Flamboyon, Dahlia, Vanda, dan Pafio. Tabel 3 dapat menunjukkan seberapa baik penjadwalan perawat tersebut jika dibandingkan dengan penjadwalan manual.

Diskusi

Penjadwalan perawat berdasarkan model yang telah dibangun menghasilkan ragam yang cukup besar pada masing-masing *shift*. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja yang diterima antara perawat satu dengan yang lain mengalami perbedaan jumlah yang berarti. Oleh karenanya perlu ada alternatif agar beban kerja pada setiap perawat lebih merata. Model berikut, model 3, merupakan alternatif agar beban kerja yang diterima oleh setiap perawat, selain ketua tim, lebih merata. Kendala yang digunakan sama dengan kendala pada model sebelumnya dan yang menjadi fungsi objektif pada model ini adalah meminimumkan ragam setiap *shift*. Untuk keperluan tersebut, didefinisikan ragam setiap shift z_i sebagai berikut

$$z_1 = \frac{\sum_{i \in R, i \notin T} G_i^2}{m-|T|} - \left(\frac{\sum_{i \in R, i \notin T} \sum_{j \in D} P_{ij}}{m-|T|} \right)^2, z_2 = \frac{\sum_{i \in R, i \notin T} N_i^2}{m-|T|} - \left(\frac{\sum_{i \in R, i \notin T} \sum_{j \in D} S_{ij}}{m-|T|} \right)^2,$$

$$z_3 = \frac{\sum_{i \in R, i \notin T} B_i^2}{m-|T|} - \left(\frac{\sum_{i \in R, i \notin T} \sum_{j \in D} M_{ij}}{m-|T|} \right)^2, \text{ dan } z_4 = \frac{\sum_{i \in R, i \notin T} Y_i^2}{m-|T|} - \left(\frac{\sum_{i \in R, i \notin T} \sum_{j \in D} H_{ij}}{m-|T|} \right)^2,$$

dengan

G_i, N_i, B_i, Y_i : banyaknya *shift* pagi, siang, malam, dan libur bagi perawat i , berturut-turut.

Fungsi objektif model ini adalah

$$\min z = \sum_{k=1}^4 z_k.$$

Model 3 merupakan pemrograman taklinear sehingga memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan pemrograman linear. Oleh karena itu, model ini hanya diaplikasikan pada ruang Vanda dan Pafio. Tabel 4 menunjukkan tingkat pemerataan beban kerja pada masing-masing model di ruang Vanda dan Pafio.

TABEL 4

Perbandingan ragam setiap *shift* pada ruang Vanda dan Pafio berdasarkan berbagai model penjadwalan

Ruang	Penjadwalan	<i>Shift</i>			
		Pagi	Siang	Malam	Libur
Vanda	Manual	3,0796	3,6923	0,5897	0,1667
	Model 1	0,7564	0,4231	0,5897	0,5897
	Model 3	0	0	0	0
Pafio	Manual	4,1636	5,2545	0	0,4727
	Model 2	1,6591	0,1515	1,5379	0,2424
	Model 3	0	0	0	0

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa ragam dari setiap *shift* di setiap ruang, baik yang dilakukan secara manual maupun Model 1 atau Model 2, memiliki ragam taknol yang berarti bahwa beban kerja belum terdistribusi secara merata ke seluruh perawat. Pada Model 3 seluruh ragamnya bernilai nol, artinya beban kerja yang diterima oleh setiap perawat merata. Oleh karena itu, Model 3 ini dapat menjadi alternatif untuk membuat penjadwalan perawat dengan beban kerja yang merata.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan 3 model penjadwalan yang optimal untuk dapat diterapkan pada keempat ruang rawat inap di RSUD Kota Bogor. Model 1 dan 2 dibuat dengan menggunakan *nonpreemptive goal programming*. Model 3 dibuat dengan menggunakan pemrograman taklinear untuk meminimumkan jumlah ragam setiap *shift*. Model ini dapat dipertimbangkan sebagai alternatif agar beban kerja dapat dibagi secara merata. Kendala, baik *hard constraints*, *soft constraints*, maupun kendala khusus diambil dari aturan yang berlaku di RSUD Kota Bogor. Penjadwalan yang dibuat merupakan penjadwalan yang efektif karena mampu memenuhi seluruh aturan pada *hard constraints* dan meminimalkan beberapa simpangan yang terdapat pada *soft constraints*, sebagaimana tertera pada fungsi objektif z .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azaiez MN, Al Sharif SS. 2005. A 0 – 1 goal programming model for nurse scheduling. *Computers and Operations Research*. 32: 491-507.
- [2] Belien J, Demeulemeester E. 2007. Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy. *Operation Research*. 176: 1185–1204.
- [3] Berrada I, Ferland JA, Michelon P. 1996. A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints. *Socio-Economic Planning Science*. 30: 183-193.
- [4] Chen M, Niu H. 2012. Research on the scheduling problem of urban bus crew based on impartiality. *Social and Behavioral Sciences*. 43: 503-511.
- [5] Falasca M, Zobel CW, Fetter GM. 2009. An optimization model for humanitarian relief volunteer management. *Socio-Economic Planning Science*. 47-52.
- [6] Jenal R, Ismail WR, Yeun LC, Oughalime A. A cyclical nurse schedule using goal programming. *Science*. 43: 151-164.
- [7] Kozan E. 2008. Development of a reactive scheduling model for intensive care units. *Industrial Engineering and Management Systems*. 2736-2741.
- [8] Millar HH, Kiragu M. 1998. Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming. *Operation Research*. 104: 582-592.
- [9] Tang L, Liu J, Rong A, Yang Z. 2000. A mathematical programming model for scheduling steelmaking-continuous casting production. *Operation Research*. 120: 423-435.
- [10] Trilling R, Guinet A, Le Magny D. 2006. Nurse scheduling using integer linear programming and constraints programming. *Operation Research*. 3: 651-656.
- [11] Valoux C, Housos E. 2000. Hybrid optimization techniques for the workshift and rest assignment of nursing personnel. *Artificial Intelligence in Medicine*. 20: 155-175.